

19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift

11 DE 29 42 971 A 1

51 Int. Cl. 3:

G 01 N 22/04

BB

21 Aktenzeichen:  
22 Anmeldetag:  
43 Offenlegungstag:

P 29 42 971.8-52  
24. 10. 79  
7. 5. 81

DE 29 42 971 A 1

71 Anmelder:

Philips Patentverwaltung GmbH, 2000 Hamburg, DE

72 Erfinder:

Hoppe, Ing.(grad.), Wolfgang; Schilz, Dr.rer.nat., Wolfram,  
2000 Norderstedt, DE; Meyer, Wolfgang, Dr.-Ing., 2105  
Seevetal, DE

54 Vorrichtung zur Feuchtemessung mit Hilfe von Mikrowellen

DE 29 42 971 A 1

PATENTANSPRÜCHE:  
-----

- 1.) Vorrichtung zur Feuchtemessung mit Hilfe von Mikro-  
wellen, die durch zwei Oszillatoren mit zwei benachbarten  
Frequenzen erzeugt werden, von denen die eine im Meßraum  
eine H-Schwingung und die andere eine E-Schwingung erzeugt  
5 und die Anordnung derart getroffen ist, daß beim Einbrin-  
gen des Meßobjektes die H-Welle und die ihr zugeordnete  
Frequenz konstant bleiben und sich die E-Welle und sich da-  
mit die ihr zugeordnete Frequenz ändern und daß eine Aus-  
werteeinrichtung angeordnet ist, in der mindestens die  
10 Differenz zwischen den beiden genannten Frequenzen gemessen  
wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßraum frequenzbe-  
stimmender Bestandteil beider Oszillatoren ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
15 daß die Auskopplung über zwei um  $90^\circ$  gegeneinander und um  
 $90^\circ$  zum jeweiligen H-Vektor angeordnete Auskoppelschleifen  
erfolgen oder über eine einzige um  $45^\circ$  zu den H-Vektoren  
verdrehten Auskoppelschleife.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Einkopplungen für beide Mikrowellen senkrecht zu-  
einander angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
25 daß die Einkopplung über Irisblenden oder Schlitzblenden  
erfolgt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Gunn-Dioden in angeflanschten Cut-Off-Hohlleitern  
30 sitzen.

130019/0237

-2.  
7

2942971  
PHD 79-124

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß auch die Güte der E-Schwingung gemessen wird.

5

10

15

20

25

30

35

130019/0237

## Vorrichtung zur Feuchtemessung mit Hilfe von Mikrowellen

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Feuchtemessung mit Hilfe von Mikrowellen, die durch zwei Oszillatoren mit zwei benachbarten Frequenzen erzeugt werden, von denen die eine im Meßraum eine H-Schwingung und die andere  
5 eine E-Schwingung erzeugt und die Anordnung derart getroffen ist, daß beim Einbringen des Meßobjektes die H-Schwingung und damit die ihr zugeordnete Frequenz konstant bleiben und sich die E-Schwingung und sich damit die ihr zugeordnete Frequenz ändert und daß eine Auswerteeinrichtung  
10 angeordnet ist, in der mindestens die Differenz zwischen den beiden genannten Frequenzen gemessen wird.

In der Literatur, z.B. A. Kraszewski : Microwave Instrumentation for Moisture Content Measurement; Journal of  
15 Microwave Power 8 (314) 1973, insb. auf den Seiten 332, 333 werden Möglichkeiten beschrieben, den absoluten Wassergehalt faden- oder folienförmiger Materialien in Mikrowellen-Resonatoren zu bestimmen. Meßresonator und Referenzresonator bilden jedoch zwei getrennte Einheiten, deren  
20 Resonanzfrequenzen über einen oder zwei externe Oszillatoren angeregt werden müssen. Diese Vorrichtung weist den Nachteil auf, daß einerseits der Meß- und andererseits der Referenzresonator nur schwer auf gleicher Temperatur gehalten werden können, wodurch das Meßergebnis verfälscht wird. Darüber  
25 hinaus wird in der oben angegebenen Literaturstelle selbst darauf aufmerksam gemacht, daß sämtliche Resonatorverfahren zwar sehr empfindlich messen können, die hohen Anforderungen an die Oszillatorfrequenz unter industriellen Bedingungen aber kaum erfüllt werden können.

30

130019/0237

Die Temperaturabhängigkeit der Differenzfrequenz läßt sich weitgehend dadurch eliminieren, daß nur ein Hohlraum benutzt wird, in dem Meß- und Referenzschwingung gleichzeitig ange-regt werden.

- 5 Eine solche Anordnung wurde von M.A. Rzepecka et al. be-schrieben in: Modified Perturbation Method for Permittivity Measurements at Microwave Frequencies; Journal of Microwave Power 9 (4) 1974, insb. Seiten 321-323. Die Anordnung
- 10 (Fig. 3) besteht dort aus einem zylindrischen Hohlraumreso-nator, in den die ebenfalls zylindrische Probe koaxial ein-geführt wird und dadurch die Hohlraumresonanz der  $E_{020}$ -Schwingung in der Frequenz verschiebt. Gleichzeitig läßt sich über zwei zusätzliche Schleifenkopplungen im selben
- 15 Hohlraum die  $H_{011}$ -Schwingung anregen. Die beiden Resonanz-frequenzen werden ausgekoppelt, auf einen Mischer gegeben, und die sich ausbildende Differenzfrequenz über eine Eichung dem absoluten Wassergehalt des Meßobjektes zuge-ordnet. Der Doppelmeßresonator wird von zwei externen Mikro-
- 20 wellenoszillatoren angeregt, die mittels zweier PLL-Schal-tungen phasenstarr den Resonanzfrequenzen der E- und H-Welle nachgeführt werden. Abgesehen vom Aufwand, den diese Lösung erfordert, bleibt das Problem bestehen, auf einfache Weise die relative Feuchte des Meßgutes zu bestimmen, wie
- 25 in der deutschen Patentanmeldung nach P 29 28 487.5 vorge-schlagen.

- Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, mit einer ein-fachen Vorrichtung die erforderliche Temperatur- und Fre-
- 30 quenzstabilität zu erreichen, die benötigt wird, um im in-dustriellen Bereich Messungen der absoluten und relativen Feuchte von faden- und flienförmigen Materialien durchzu-führen.

- 35 Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei der eingangs beschriebenen Vorrichtung nach der Erfindung der Meßraum frequenzbestim-

130019/0237

mender Bestandteile beider Oszillatoren. Das Meßobjekt ist also derart im Probenraum angeordnet, daß es sich im elektrischen Feld nur einer Eigenschwingung befindet, wodurch sich deren Güte und Resonanzfrequenz erniedrigt, während die andere (Referenz-)Schwingung konstant bleibt. Hierdurch sind ein gedrängter Aufbau sowie die Temperaturkonstanz der Differenzfrequenz gewährleistet.

Zur einfachen Messung dieser Differenzfrequenz erfolgt in weiterer Ausgestaltung der Erfindung die Auskopplung über zwei um  $90^\circ$  gegeneinander und um  $90^\circ$  zum jeweiligen H-Vektor angeordnete Auskoppelschleifen, die auch zu einer nunmehr um  $45^\circ$  zu den H-Vektoren verdrehten Auskoppelschleife zusammengefaßt werden können.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die Einkopplungen für die Mikrowellenleistung senkrecht zueinander angeordnet, wodurch injection-locking weitgehend vermieden wird. Die Einkopplung erfolgt über Irisblenden im Falle üblicher Gunn-Oszillatoren oder über Schlitzblenden im Falle von Cut-Off-Oszillatoren. Die letzteren liefern eine konstante Ausgangsleistung über breite Bänder der Frequenzverschiebung, wodurch in weiterer Ausgestaltung der Erfindung die dichteunabhängige Feuchtemessung möglich wird. Da die Ausgangsleistung  $P_1$  nunmehr frequenzunabhängig eine monotone Funktion der belasteten Güte  $Q_1$  ist, steht neben der Differenzfrequenz der Leistungspegel der E-Schwingung als eine weitere Meßgröße zur Verfügung, die einen dichteunabhängigen Ausdruck  $A(\gamma)$  zu berechnen gestattet, der nur eine Funktion der relativen Feuchte  $\gamma$  ist:

$$A(\gamma) = \frac{\epsilon' - 1}{\epsilon''} = 2 \frac{(f_1 - f_0)/f_1}{(1/Q_1 - 1/Q_0)}$$

$f_1$  ( $f_0$ ) Resonanzfrequenz des vollen (leeren) Resonators  
 $Q_1$  ( $Q_0$ ) Güte des vollen (leeren) Resonators.

Es steht damit eine Vorrichtung zur Verfügung, mit der in einfacher Weise Messungen der relativen Feuchte im industriellen Prozeß möglich werden.

- 5 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen

- 10 Fig. 1 eine Ausführungsform des Mikrowellen-Doppeloszillators,  
Fig. 2 die Feldlinienbilder der Eigenschwingungen,  
Fig. 3 ein Blockschaltbild für ein industrielles Feuchtemeßgerät und  
15 Fig. 4 eine Eichkurve mit Meßpunkten der gemessenen Feuchte.

In Fig. 1 ist der zylindrische Hohlraumresonator 1 gezeigt, der im Inneren eines kubischen Kupferblocks angeordnet ist. Über Schlitzblenden werden die rechteckigen Cut-Off-Hohlleiter mit Gunn-Dioden für die Erregungen der  $H_{011}$ -Schwingung, wie bei 2 gezeigt, und die  $E_{012}$ -Schwingung, wie bei 3 gezeigt, eingekoppelt.

Fig. 2 zeigt in Form eines Blockschaltbildes, wie die aus dem Hohlraumresonator 1 gekoppelten Mikrowellenleistungen auf einen Mischer 4 gegeben werden. Die  $H_{011}$ -Welle dient dabei zur Erzeugung der "örtlichen" Oszillator-Leistung, der sogen. local-oscillator = LO-Leistung, die  $E_{012}$ -Welle wird auf den Signaleingang gegeben. Größe und Wert der Differenzfrequenz werden anschließend in einem Mikroprozessor 5 verarbeitet und die gemessene Feuchte als Endwert ausgegeben.

Wie die Modenbilder in Fig. 3 erkennen lassen, wird jeweils in die beiden senkrecht zueinander stehenden magnetischen H-Felder eingekoppelt und mit Schleifen ebenfalls den H-Feldern die Energie entnommen.

130019/0237

5 . 7 .

2942971  
PHD 79-124

Bild 4 zeigt als Beispiel die gemessene Frequenzänderung der  $E_{012}$ -Schwingung in Abhängigkeit von der Feuchte  $\gamma$  eines Wollfadens.

5

10

15

20

25

30

35

130019/0237



8.  
Leerseite

2942971

.9.

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

29 42 971  
G 01 N 22/04  
24. Oktober 1979  
7. Mai 1981

1/1

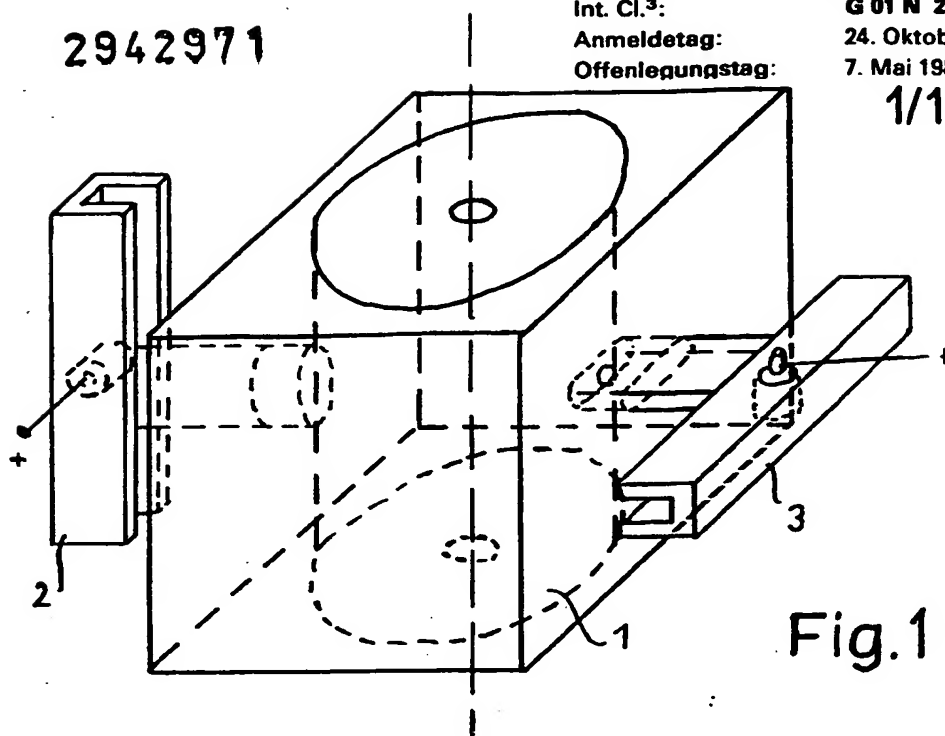


Fig. 1

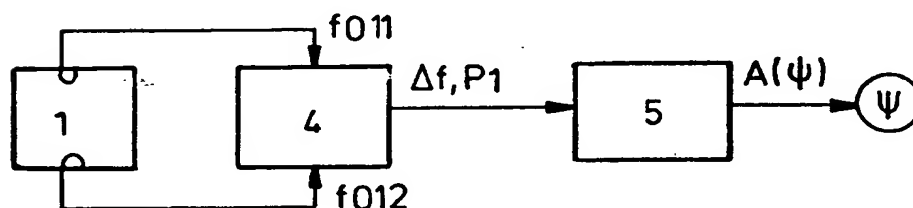


Fig. 2

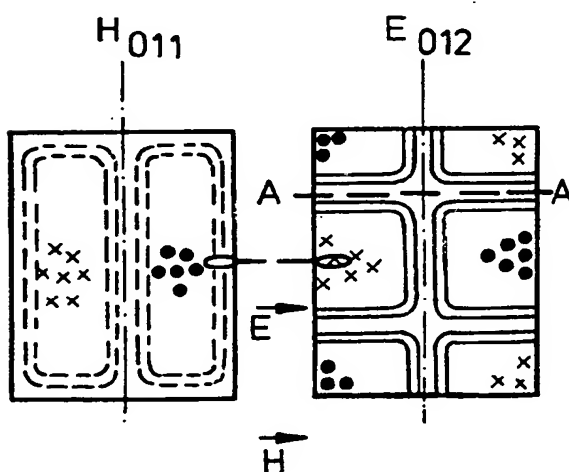


Fig. 3

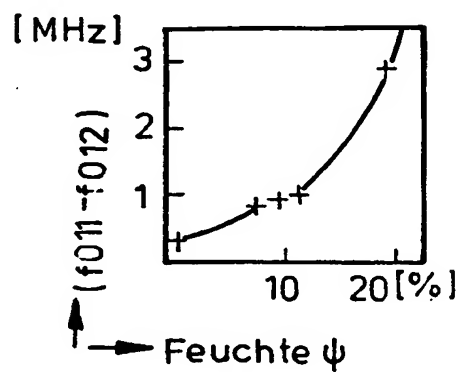


Fig. 4

130019/0237

D79-124